

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
12. September 2003 (12.09.2003)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 03/075519 A2

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: H04L 12/56

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE03/00660

(22) Internationales Anmeldedatum:  
28. Februar 2003 (28.02.2003)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
102 09 503.5 5. März 2002 (05.03.2002) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): IP2H AG [CH/CH]; Hofweg 11, CH-3013 Bern (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BERGMANN, Ansgar  
[DE/FR]; 132A, chemin du Tamaye, F-06560 Valbonne  
(FR).

(74) Anwalt: PATENT- UND RECHTSANWÄLTE ULL-  
RICH & NAUMANN; Luisenstrasse 14, 69115 Heidel-  
berg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT,  
AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR,  
CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE,  
GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR,  
KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK,  
MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU,  
SC, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,  
UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (GH,  
GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW),  
eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,  
TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,  
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL,  
PT, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI,  
CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu  
veröffentlichen nach Erhalt des Berichts

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: ROUTING METHOD FOR A TELECOMMUNICATION NETWORK AND CORRESPONDING TELECOMMUNI-  
CATION NETWORK

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM ROUTING IN EINEM TELEKOMMUNIKATIONSNETZ UND EIN TELEKOMMUNI-  
KATIONSNETZ

(57) Abstract: The invention relates to a routing method for a telecommunication network, especially a relay network, whereby the telecommunication network comprises a plurality of nodes with respective allocated addresses on the basis of which the routing is carried out. The addresses are produced based on an address information transmitted by at least one address provider to the respective node. At least two different transmission technologies are used in the telecommunication network for transmitting information between the nodes. The aim of the invention is to improve reliability of routing. For this purpose the method is designed in such a manner that the allocated addresses of the nodes comprise an information with respect to the kind of transmission technology or transmission technologies that is/are used for the allocation of addresses. The invention further relates to a communication network that is especially adapted for carrying out the aforementioned method.

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Routing in einem Telekommunikationsnetz, insbesondere in einem Relaisnetz, wobei das Telekommunikationsnetz mehrere Knoten mit jeweils einer zugeordneten Adresse aufweist, aufgrund derer das Routing erfolgt, wobei eine Bildung der Adressen auf der Basis einer von mindestens einem Adressgeber zu dem jeweiligen Knoten übertragenen Adressinformation erfolgt und wobei in dem Telekommunikationsnetz mindestens zwei verschiedene Transmissionstechnologien zur Übertragung von Information zwischen den Knoten verwendet werden, ist im Hinblick auf ein sicheres Routing derart ausgestaltet und weitergebildet, dass die zugeordneten Adressen der Knoten eine Information über die Art der Transmissionstechnologie oder der Transmissionstechnologien aufweisen, die bei der Zuordnung der Adressen verwendet wird oder werden. Des Weiteren ist ein Telekommunikationsnetz angegeben, dass insbesondere zur Durchführung des obigen Verfahrens ausgebildet ist.

WO 03/075519 A2

## **„Verfahren zum Routing in einem Telekommunikationsnetz und ein Telekommunikationsnetz“**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Routing in einem Telekommunikationsnetz, insbesondere in einem Relaisnetz, wobei das Telekommunikationsnetz mehrere Knoten mit jeweils einer zugeordneten Adresse aufweist, aufgrund derer das Routing erfolgt, wobei eine Bildung der Adressen auf der Basis einer von mindestens einem Adressgeber zu dem jeweiligen Knoten übertragenen Adressinformation erfolgt und wobei in dem Telekommunikationsnetz mindestens zwei verschiedene Transmissionstechnologien zur Übertragung von Information zwischen den Knoten verwendet werden. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Telekommunikationsnetz, insbesondere Relaisnetz, wobei das Telekommunikationsnetz mehrere Knoten mit jeweils einer zugeordneten Adresse aufweist, aufgrund derer das Routing erfolgt, wobei eine Bildung der Adressen auf der Basis einer von mindestens einem Adressgeber zu dem jeweiligen Knoten übertragenen Adressinformation erfolgt und wobei in dem Telekommunikationsnetz mindestens zwei verschiedene Transmissionstechnologien zur Übertragung von Information zwischen den Knoten verwendet werden.

Unter einem Telekommunikationsnetz oder Kommunikationssystem wird in diesem Dokument ein Netz oder ein System verstanden, in dem Geräte die Möglichkeit haben können, Informationen direkt, d. h. ohne die Verwendung weiterer Geräte, an andere Geräte zu übertragen. Dabei kann im Netz oder im System stets die gleiche Transmissionstechnologie TT verwendet werden, wobei in diesem Fall in diesem Dokument von einem homogenen Netz oder System gesprochen wird. Alternativ können verschiedene Transmissionstechnologien im System oder Netz verwendet werden, wobei in diesem Fall in diesem Dokument von einem hybriden Netz oder System gesprochen wird. Die verwendeten Transmissionstechnologien können beispielsweise Funkübertragung, leitungsgebundene Übertragung, Lichtwellenübertragung, akustische Übertragung oder andere Übertragungsarten benutzen. Ob je zwei Geräte direkt miteinander kommunizieren können, kann von Faktoren abhängen, die sich mit der Zeit verändern, beispielsweise weil sich Geräte bewegen oder sich die Übertragungswege und/oder Übertragungseigenschaften ändern. Die kommuni-

zierenden Geräte des Netzes oder Systems werden hier Knoten genannt. Zwei Knoten, zwischen denen Information direkt, d. h. ohne die Verwendung weiterer Geräte, übertragen werden kann, heißen hier Nachbarknoten.

In Fig. 1 ist ein Beispiel eines hybriden Netzes schematisch dargestellt. Dabei sind Knoten als Kreise gezeichnet. Einige Knoten können über eine Verkabelung direkt kommunizieren. Diese Verkabelung ist durch ununterbrochene Linien dargestellt. Einige Knoten können über Wireless LAN (WLAN) im Bereich 2GHz schnurlos direkt kommunizieren. Die entsprechenden Kommunikationsstrecken sind durch gestrichelte Linien dargestellt.

Einige Geräte können ebenfalls über Wireless LAN (WLAN), jedoch im Bereich 5GHz, schnurlos direkt kommunizieren. Die entsprechenden Verbindungsstrecken sind durch gepunktete Linien dargestellt.

Die direkte Kommunikation zweier Geräte kann zeitabhängig unterbrochen sein und anschließend auch wieder möglich werden. Die Kommunikationsfähigkeit über die genannten Transmissionstechnologien kann Veränderungen unterworfen sein.

Ganz allgemein wird hier das Netz als mobil bezeichnet, wenn mindestens ein Knoten relativ zu den anderen Knoten beweglich ist und während der Bewegung gegebenenfalls mit Einschränkungen weiter kommunizieren kann.

Telekommunikationsnetze können als Relaisnetze realisiert werden. Unter einem Relaisnetz oder Relaisystem wird in diesem Dokument ein Kommunikationsnetz oder Kommunikationssystem im obigen Sinn verstanden, in dem Informationen zwischen einem Gerät oder Knoten  $A_0$  und einem Gerät oder Knoten  $A_n$  über eine Reihe von Geräten oder Knoten  $A_1, \dots, A_{n-1}$ , die als Zwischenträger fungieren, ausgetauscht werden können, wobei jeweils  $A_i$  mit  $A_{i+1}$  direkt kommuniziert ( $i = 0, \dots, n-1$ ). Geräte oder Knoten des Relaisystems, welche die Fähigkeit haben, als Zwischenträger zu fungieren, werden hier als Relais bezeichnet. Die Reihe  $A_0, \dots, A_n$  der Geräte oder Knoten wird hier Pfad genannt, die direkte Verbindung zwischen zwei Geräten oder Knoten  $A_i$  und  $A_{i+1}$  ( $0 \leq i \leq n$ ) wird hier Link genannt.

Die Erfindung befasst sich mit mobilen hybriden Relaisystemen, in denen die Knoten über ein Programm verfügen, das ihnen ein automatisches Routing erlaubt. Dabei wird hier unter Routing (Wegewahl) die Funktionalität verstanden, dass ein Knoten Information automatisch an vorgegebene andere Knoten übermitteln kann und/oder Verbindungen zu vorgegebenen anderen Knoten automatisch aufbauen kann, wobei dies gegebenenfalls über Zwischenknoten erfolgen kann.

Im Stand der Technik wird das Routing in Relaisystemen mit Hilfe von Routing-Tabellen in den Knoten realisiert. Dabei enthalten die Routing-Tabellen Informationen, über welche nächsten Knoten das Routing zu einem vorgegebenen Zielknoten erfolgt. Die Routing-Tabellen werden gegebenenfalls durch Kommunikation zwischen den Knoten im Rahmen von Routing-Protokollen aktualisiert. Dies führt zu einem hohen Signalisierungsaufkommen. Außerdem sind die Routinginformationen typischerweise veraltet. Damit sind diese Verfahren nur bei stark eingeschränkter Mobilität der Knoten verwendbar.

In der WO 97/50195 wird ein neuartiges, überlegenes Routingkonzept und Routingverfahren beschrieben. Dieses Verfahren ist in homogenen Relaisystem gut verwendbar, auch wenn es mobile Netze sind. In hybriden Netzen, bei denen mehrere Transmissionstechnologien Verwendung finden, zeigt das Verfahren jedoch Nachteile.

Bei dem bekannten Verfahren werden spezielle Adressen verwendet, die hier M-Adressen genannt werden. Gewisse Knoten des Relaisnetzes fungieren dabei als Adressgeber. Jeder Adressgeber hat eine eindeutige Kennung. Verschiedene Adressgeber haben verschiedene Kennungen.

Jeder Knoten hat bei dem bekannten Verfahren eine Adresse. Diese Adresse A ist eine Menge von Koordinaten. Eine Koordinate der Adresse ist ein Tupel  $(K,s)$  das aus der Kennung K eines Adressgebers und einer Schrittzahl s besteht. Die Schrittzahl beschreibt den Abstand des Knotens vom Adressgeber, wobei hier die minimale Länge einer Übertragungskette zwischen Adressgeber und Knoten berücksichtigt ist. Eine Schrittzahl  $s = 7$  bedeutet dabei beispielsweise, dass 7 Schritte

bzw. Hops von dem Adressgeber zu dem Knoten bei der Übertragung erforderlich sind.

Die Bestimmung der Adresse erfolgt dabei zunächst dadurch, dass jeder Adressgeber seine Kennung mit der Schrittzahl  $s = 0$  periodisch an seine Nachbarknoten sendet. Jeder Knoten X ermittelt dann zyklisch unter seinen Nachbarknoten zu jeder Kennung K eines Adressgebers etwaig bei den Nachbarknoten vorhandene gültige Koordinaten, deren Komponente die Kennung K ist. Dann setzt der Knoten X seine entsprechende Koordinate gegebenenfalls auf einen neuen Stand, falls hier eine Veränderung der Koordinaten aufgrund beispielsweise der Bewegung des Knotens oder seiner Nachbarknoten stattgefunden hat.

Falls die Kennung K während einer Mittlungsdauer bei den Nachbarknoten nicht als Komponente einer Adresse vorkommt, so streicht der Knoten X diese Koordinate. Ansonsten ermittelt der Knoten X während der Mittlungsdauer eine Schrittzahl s dergestalt, dass  $s - 1$  die minimale Schrittzahl zur Kennung K unter den Nachbarknoten des Knotens X ist. Mit anderen Worten nimmt der Knoten X eine Schrittzahl s an, die um 1 höher ist als die minimale Schrittzahl der Nachbarknoten.

Jeder Knoten sendet periodisch seine Adresse an seine Nachbarknoten, um ständig möglichst aktuelle Adressen bereitzuhalten.

In Fig. 2 ist ein Beispiel für die Bestimmung von M-Adressen gemäß dem bekannten Verfahren illustriert. Dabei ist ein Adressgeber A durch ein Dreieck gekennzeichnet. Des Weiteren sind noch zusätzliche Knoten B bis H eingezeichnet und durch Kreise dargestellt. Eine Linie zwischen zwei Knoten deutet an, dass die beiden Knoten miteinander kommunizieren können.

Zunächst wählt der Adressgeber A eine Kennung K und hat daraufhin die Koordinate  $(K, 0)$ . Der Adressgeber A sendet die Information  $(K, 0)$  periodisch an seine Nachbarknoten B, C und D.

Nach einer Mittlungsdauer wählen die Nachbarknoten B, C und D die Koordinate  $(K, 1)$ , da 0 sicher die minimale Schrittzahl eines Nachbarknotens bezüglich K ist. B, C

und D senden dann die Information (K, 1) an ihre Nachbarknoten, beispielsweise sendet der Knoten B an die Knoten A, C und G. Dabei führt die Information bei C und A nicht zu einer Adressänderung, da hier schon kleinere Werte als (K, 2) vorliegen.

F und G werden (K, 2) als Koordinate wählen und daraufhin wird H die Koordinate (K, 3) wählen.

Anhand dieses in Fig. 2 gezeigten Beispiels wird deutlich, dass auf diese Weise um jeden Adressgeber als Zentrum sphärisch Koordinaten vergeben werden. Werden die Adressgeber geeignet gewählt, kann die relative Lage jedes Knotens anhand seiner Adresse gut ermittelt werden.

Das Routing anhand der gemäß dem bekannten Verfahren ermittelten M-Adressen erfolgt folgendermaßen:

Wenn ein Knoten X an einen Knoten Y Information übermitteln will oder eine Verbindung zu dem Knoten Y aufbauen will, erfragt er bei einem geeigneten Knoten die M-Adresse von Y. Ein derartiger geeigneter Knoten kann zur Verwaltung der Adressen sämtlicher oder vorgegebbarer Knoten ausgebildet sein.

Der Knoten X ermittelt dann unter seinen Nachbarknoten einen Knoten Z, dessen M-Adresse unter den Nachbarknoten am günstigsten zu der M-Adresse des Knotens Y liegt. Dem so gewählten Knoten Z übermittelt der Knoten X dann die M-Adresse des Knotens Y. Der Knoten Z ermittelt anschließend nach der gleichen Methode den nächsten Knoten, wobei Knoten, die schon auf dem Weg liegen, ausgeschlossen werden. Das Verfahren wird fortgesetzt bis schließlich der Knoten Y erreicht wird.

Bei der Verwendung des bekannten Verfahrens in einem hybriden Telekommunikationsnetz, d. h. in einem Telekommunikationsnetz, bei dem mindestens zwei verschiedene Transmissionstechnologien verwendet werden, treten Probleme auf. Zum einen treten Inseln mit nahezu gleichen Adressinformationen auf, da alle Adressinformationen in allen mit zumindest teilweise unterschiedlichen Transmissionstech-

nologien arbeitenden Teilnetzen und somit bei allen Transmissionstechnologien nach dem gleichen Algorithmus verbreitet werden. Zum anderen wird ein Routing zusätzlich dadurch erschwert, dass ein Verbindungsaufbau dann in der Regel ein Adressmaximum durchlaufen müsste, um ein Ziel in einem anderen Adressminimum zu erreichen.

Die Probleme werden zur Verdeutlichung anhand des folgenden Beispiels beschrieben. Betrachtet man das beispielhafte System gemäß Fig. 3, welches aus einem Funk-LAN und einem Ethernet-LAN und somit aus einem fixed LAN besteht, so schlägt das Routing oftmals fehl, wenn der Adressierungs- und Routing-Algorithmus nach der WO 97/50195 in beiden Netzen angewendet wird, ohne dass eine Differenzierung zwischen den Netzen und damit den Transmissionstechnologien stattfindet.

In Fig. 3 ist ein hybrides Relaisnetz gezeigt, das aus einem Funk-LAN und einem Ethernet-LAN besteht. Dabei sind Adressgeber A und B und ein Adressenregister LR gezeigt, die über das Ethernet-LAN kommunizieren können, wobei die Adressgeber A und B auch über das Funk-LAN kommunizieren können. Des Weiteren sind zahlreiche durch einen Kreis dargestellte Knoten gezeigt, die über das Funk-LAN kommunizieren können.

Der Adressgeber A gibt zu seiner eigenen Adresse noch zusätzlich die Adressinformation des Registers LR und des Adressgebers B weiter. Diese beiden Adressen wurden aber durch das fixed Ethernet-LAN an den Adressgeber A weitergegeben. Das Ethernet-LAN hat aber eine andere Ausbreitungscharakteristik als das Funk-LAN. Bei der Adressinformation in Fig. 3 sind die Kennungen der Adressgeber weggelassen.

Beispielsweise hat ein Relais oder ein Knoten mit der Adresse (2; 3; 3) zwei Schritte bis zum Adressgeber A und jeweils drei Schritte bis zum Adressgeber B und zum Register LR als Abstand.

Versucht nun das in der linken Hälfte der Fig. 3 und grau dargestellte Relais mit der Adresse (2; 3; 3) das in der rechten Hälfte der Fig. 3 schwarz gezeichnete Relais

mit der Adresse (3; 2; 3) zu erreichen, so wird dieser Versuch mit dem bekannten Routing-Algorithmus nach der WO 97/50195 fehlschlagen, da keine Nachbaradresse des linken Relais besser zur Zieladresse (3; 2; 3) liegt als das Relais mit der Adresse (2; 3; 3) selbst. Der Routing-Vorgang bleibt also sehr schnell im Bereich des Ausgangsrelais mit der Adresse (2; 3; 3) stecken, ohne je das Zielrelais mit der Adresse (3; 2; 3) zu erreichen.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Routing in einem Telekommunikationsnetz sowie ein entsprechendes Telekommunikationsnetz der eingangs genannten Art anzugeben, wonach ein sicheres Routing auch in einem mobilen hybriden Telekommunikationsnetz möglich ist.

Erfindungsgemäß wird die voranstehende Aufgabe durch ein Verfahren zum Routing in einem Telekommunikationsnetz mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 gelöst. Danach ist das Verfahren derart ausgestaltet und weitergebildet, dass die zugeordneten Adressen der Knoten eine Information über die Art der Transmissionstechnologie oder der Transmissionstechnologien aufweisen, die bei der Zuordnung der Adressen verwendet wird oder werden.

Erfindungsgemäß ist erkannt worden, dass es zur Vermeidung der aus dem Stand der Technik bekannten Probleme nützlich ist, wenn die den Knoten zugeordneten Adressen auch eine Information über die Transmissionstechnologie aufweisen, mittels derer die Adresse des Knotens zugeordnet worden ist. Damit ist es möglich, den Übertragungsweg von einem Adressgeber zu einem Knoten quasi zurückzuverfolgen. Entsprechend kann dann beim Routing berücksichtigt werden, welcher Übertragungsweg zu einem Zielknoten zu wählen ist, um beispielsweise günstige Übertragungsbedingungen nutzen zu können. Ein Stocken des Routingvorgangs kann durch ein nunmehr besonders zielgerichtetes Routing weitestgehend vermieden werden.

Folglich ist mit dem erfindungsgemäßen Verfahren ein Verfahren angegeben, wonach ein sicheres Routing auch in mobilen hybriden Telekommunikationsnetzen ermöglicht ist.



Im Hinblick auf eine konkrete Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens könnte bei der Zuordnung der Adresse zu den Knoten die Zuordnung betreffende Adressinformation nur mittels einer vorgebbaren und/oder durch ein vorgebbares Verfahren bestimmten Transmissionstechnologie übertragen werden. Dies bedeutet, dass beispielsweise bei einem Relaisystem, das aus einem leitungsgebundenen Teilnetz und mindestens einem Funkteilnetz besteht, die Adressen oder M-Adressen nur auf dem Weg der Funkübertragung übermittelt werden könnten. Adressinformation wird dabei nicht über das leitungsgebundene Teilnetz übertragen. Ansonsten könnte hier das aus der WO 97/50195 bekannte Routingverfahren eingesetzt werden. Zur Illustrierung eines derartigen beispielhaften Verfahrens sei schon vorab auf die Fig. 4 nebst zugehöriger Figurenbeschreibung verwiesen.

Bei einer weiteren Ausgestaltung könnte bei der Zuordnung der Adresse zu den Knoten die Zuordnung betreffende Adressinformation nur mittels mehrerer vorgebar und/oder durch ein vorgebbares Verfahren bestimmter Transmissionstechnologien übertragen werden. Die Transmissionstechnologie könnte eine Funkübertragung oder eine beliebige andere Art der Übertragung sein.

Bei einem besonders einfachen Verfahren könnte ein Knoten oder könnten mehrere Knoten als Adressgeber wirken. Dabei ist es vermieden, separate Adressgeber in das Telekommunikationsnetz zu implementieren.

Bei der Übertragung der Adressinformation könnten alle oder nur vorgebbare und/oder durch ein vorgebbares Verfahren bestimmte Knoten die Adressinformation oder vorgebbare Teile der Adressinformation weitergeben oder übertragen. Hierbei ist auf den jeweiligen Anwendungsfall abzustellen.

Grundsätzlich könnte ein Knoten als Adressgeber für mehrere Transmissionstechnologien wirken. Dies setzt letztendlich voraus, dass der Knoten Zugang zu mehreren Transmissionstechnologien aufweist.

Im Rahmen der Adressierung könnten die zugeordneten Adressen der Knoten eine Information darüber aufweisen, ob ein Adressgeber ein Gateway oder ein Übergabepunkt zu einem Netzbereich mit einer anderen Transmissionstechnologie ist.

Hierdurch ist eine weitere Erhöhung der Sicherheit des Routing-Verfahrens im hybriden Telekommunikationsnetz erreicht. Mit anderen Worten wird im Netz signalisiert, welche Knoten Übergabepunkte sind, d. h. Adressgeber sind und über ein Teilnetz mit einer anderen Transmissionstechnologie übertragen können.

Beim Routing in beliebigen hybriden Relaisnetzen könnte die folgende Modellvorstellung zugrundegelegt werden. Die im hybriden Relaisnetz benutzten Transmissionstechnologien oder auch Übertragungstechniken seien  $T_1, \dots, T_t$ , wobei  $t$  eine natürlich Zahl mit  $t \geq 1$  ist. Geräte oder Knoten A und B des Relaisnetzes können die Möglichkeit haben, vermittels  $T_i$  ( $i = 1, \dots, t$ ) direkt miteinander zu kommunizieren. Man kann in diesem Fall kurz

$$A T_i B$$

schreiben und A und B Nachbarn vermöge  $T_i$  nennen.

Man kann

$$A T_i^* B$$

genau dann schreiben, wenn es Knoten  $C_1, \dots, C_n$  ( $n \geq 1$ ) gibt, so dass:

$$A = C_1 T_1 C_2 T_1 C_3 T_1 \dots T_1 C_{n-1} T_1 C_n = B.$$

Damit definiert  $T_i^*$  für jedes  $i = 1, \dots, t$  eine zeitabhängige Äquivalenzrelation zwischen Knoten. Das heißt, dass für beliebige Knoten A, B und C gilt:

- $A T_i^* A$ ;
- Wenn  $A T_i^* B$ , so  $B T_i^* A$ ;
- Wenn  $A T_i^* B$  und  $B T_i^* C$ , so  $A T_i^* C$ .

Anschaulich bedeutet  $A T_i^* B$ , dass A und B so über eine Relaiskette kommunizieren können, dass lediglich die Übertragungstechnik  $T_i$  benutzt wird.

Das hier beschriebene Routingverfahren könnte folgende Teilverfahren aufweisen:

- Teilverfahren zur Ermittlung von Systemkomponenten.
- Teilverfahren zur Bildung von Domänen.
- Teilverfahren zur Ermittlung verallgemeinerter M-Adressen.
- Teilverfahren zum Routing zu einem Knoten mit gegebener Adresse.

Für das weitere Verständnis des Routingverfahrens ist der folgende Überblick über die Teilverfahren nützlich:

- Für jede Übertragungstechnik oder Transmissionstechnologie werden die Knoten des Telekommunikationsnetzes oder Relaisystems zu Systemkomponenten zusammengefasst. Innerhalb einer Systemkomponente zu einer Übertragungstechnik oder Transmissionstechnologie  $T_i$  können alle Knoten über Relaisketten nur unter Benutzung von  $T_i$  paarweise miteinander kommunizieren.
- M-Adressen werden zu so genannten  $M^*$ -Adressen verallgemeinert:
  - Koordinaten können statt der bisherigen Schritzzahlen, die im Folgenden natürliche Schritzzahlen genannt werden, auch symbolische Schritzzahlen enthalten. Eine symbolische Schritzzahl beschreibt, wie viele Schritte in jeder Systemkomponente zurückgelegt werden.
  - Kennungen eines Adressgebers in verschiedenen Übertragungstechniken oder Transmissionstechnologien können unterschieden werden.
- Knoten können zu Domänen zusammengefasst werden. Außerhalb einer Domäne können die  $M^*$ -Adressen reduziert werden.
- Das Routing könnte so angepasst werden, dass die verallgemeinerten  $M^*$ -Adressen und Domänen berücksichtigt werden.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Teilverfahren genauer eingegangen:

Im Telekommunikationsnetz könnte zu jeder Transmissionstechnologie  $T_i$  mindestens eine Systemkomponente aus einer Menge von Knoten festgelegt werden, wobei alle Knoten einer Systemkomponente über die jeweilige Transmissionstechnologie  $T_i$  kommunizieren können. Dies könnte protokollgemäß zwischen den Knoten in einer Einschwingphase erfolgen und könnte protokollgemäß in Überprüfungsphasen überprüft werden. Hierbei könnten die folgenden Regeln eingehalten werden:

- (1) Alle Knoten einer Systemkomponente zu  $T_i$  können über  $T_i$  miteinander kommunizieren (d. h.:  $X T_i^* Y$  für alle Knoten  $X, Y$  der Systemkomponente).
- (2) Jede Systemkomponente zu  $T_i$  enthält mindestens einen Adressgeber, dessen Koordinate über  $T_i$  in der Systemkomponente übermittelt wird. Damit diese Regel erfüllt ist, werden notfalls neue Adressgeber gestartet.
- (3) Nur im Ausnahmefall sollte ein Knoten mehr als einer Systemkomponente zu  $T_i$  angehören.
- (4) Jeder Knoten sollte einer Systemkomponente zu  $T_i$  angehören.

Jede Systemkomponente könnte also mindestens einen Adressgeber enthalten. Beispielsweise können die Systemkomponenten zu  $T_i$  so gewählt werden, dass jeweils eine Systemkomponente mit einem Knoten  $X$  auch alle Knoten  $Y$  mit  $X T_i^* Y$ , d. h. alle über  $T_i$  erreichbaren Knoten, umfasst. Genauer gesagt sind dann die Systemkomponenten zu  $T_i$  genau die Äquivalenzklassen der Äquivalenzrelation  $T_i^*$ .

Da allerdings die Beziehung  $T_i^*$  zeitlich variiert, sollten Systemkomponenten so verkleinert werden, dass sie stabil sind. Alternativ oder zusätzlich hierzu könnte die Größe einer Systemkomponente derart gewählt werden, dass das Routing innerhalb der Systemkomponente eine vorgebbare Qualität aufweist.

Im Hinblick auf eine einfache Handhabung des Routingverfahrens könnte jeder Systemkomponente eine Kennung zugeordnet werden, aus der sich in eindeutiger Weise die Systemkomponente und die Transmissionstechnologie  $T_i$  ableiten lassen.

Zum weiteren Verständnis der Festlegung von Systemkomponenten sei vorab schon auf die Fig. 6 nebst zugehöriger Figurenbeschreibung verwiesen.

Im Hinblick auf eine Reduzierung der Signalisierungslast im Telekommunikationsnetz könnte mindestens eine Domäne aus Knoten derart gebildet werden, dass mindestens ein Adressgeber von allen Knoten der Domäne empfangbar ist. Genauer gesagt könnten Knoten zu Domänen zusammengefasst werden, wobei eine Domäne eine Menge von Knoten ist, so dass die Koordinate mindestens eines Adressgebers in allen Knoten der Domäne empfangen wird. Domänen müssen nicht paarweise disjunkt sein. Insbesondere können Domänen hierarchisch gebildet sein, so dass etwa einige Domänen zu einer neuen Domäne zusammengefasst werden. Domänen könnten in vorteilhafter Weise so gebildet werden, dass das Routing zwischen zwei beliebigen Knoten der Domäne gut funktioniert.

Zum Beispiel könnten Domänen wie folgt gebildet werden: Zunächst wird eine Bewertungsfunktion gewählt, die zu jeder möglichen Koordinate eine Zahl  $\geq 0$  liefert. Zu gewissen Adressgebern A werden dann alle Knoten zu einer Domäne zusammengefasst, die eine zu A gehörige Koordinate haben und deren „Abstand“ von A unter einer gegebenen Größe liegt. Dabei wird der „Abstand“ eines Knotens X von A gebildet, indem die gewählte Bewertungsfunktion auf die zu A gehörige Koordinate von X angewendet wird.

Bei einer konkreten Verfahrensausgestaltung könnten bei außerhalb einer Domäne angeordneten Knoten keine Koordinaten mehr bezüglich eines innerhalb der Domäne liegenden Adressgebers bestimmt werden. Alternativ hierzu könnte dann stattdessen eine neue, zur Domäne gehörende Koordinate gebildet werden, welche die minimale Schrittzahl zu Knoten der Domäne beschreibt. Dabei könnte jeder Domäne eine Koordinate zugeordnet werden, die die minimale Schrittzahl zu Knoten der Domäne beschreibt. Hierdurch wird die Signalisierungslast insgesamt reduziert. Dabei könnten die Adressen von innerhalb der Domäne liegenden Knoten

weiterhin die Koordinaten der Adressgeber aufweisen, welche innerhalb der Domäne liegen.

In einem weiteren Schritt könnten auch einige Domänen zu einer neuen Domäne zusammengefasst werden. Dabei könnte wieder gewährleistet sein, dass innerhalb der neu gebildeten Domäne das Routing gut funktioniert, mit anderen Worten, dass das Routing zwischen den zusammengefassten Domänen gut funktioniert. Dann werden die zu den zusammengefassten Domänen gehörigen Koordinaten außerhalb der neu gebildeten Domäne nicht mehr bestimmt, sondern durch eine neue, zur neu gebildeten Domäne gehörende Koordinate ersetzt, welche die minimale Schrittzahl zu Knoten der Domäne beschreibt.

Zum Beispiel könnte eine Domäne gebildet werden, die alle Domänen umfasst, deren Abstand zu einer vorgegebenen Domäne unter einer gegebenen Größe liegt. Zur sicheren Handhabung einer Domäne beim Routingverfahren könnte zu jeder Domäne eine eindeutige Kennung gewählt werden.

Zum Teilverfahren zur Ermittlung topologischer Adressen, genauer gesagt der M\*-Adressen, könnte zunächst in jeder Systemkomponente eine Auswahl von Knoten als Adressgeber getroffen werden. Dabei könnte ein Knoten Adressgeber für nur eine Übertragungstechnik oder für mehrere Übertragungstechniken oder Transmissionstechnologien sein.

Jedem Adressgeber könnte eine Kennung zugeordnet werden, die die Identifikation des Adressgebers aufweist und die Transmissionstechnologie kennzeichnet, innerhalb welcher der Adressgeber als Adressgeber wirken kann. Mit anderen Worten könnte jedem Tupel aus einer Transmissionstechnologie  $T_i$  und einem Adressgeber  $A$  ein Symbol zugeordnet werden, aus dem sich in eindeutiger Weise die Transmissionstechnologie und der Adressgeber ableiten lassen. Dieses Symbol wird dann die Kennung des Adressgebers  $A$  in der Transmissionstechnologie  $T_i$  genannt.

Des Weiteren könnte jedem Tupel aus einer Transmissionstechnologie  $T_i$  und einer zu  $T_i$  gehörigen Systemkomponente  $T_i S_j$  ein Symbol zugeordnet werden, aus dem sich in eindeutiger Weise die Transmissionstechnologie und die Systemkomponente

ableiten lassen. Dieses Symbol könnte dann die Kennung der Systemkomponente  $T_i S_j$  genannt werden.

Die einem Knoten zugeordnete Adresse oder  $M^*$ -Adresse könnte eine Menge von Koordinaten oder  $M^*$ -Koordinaten sein, die aus der Kennung des Adressgebers oder der Kennung einer Domäne und aus einer natürlichen oder symbolischen Schrittzahl bestehen, wobei eine symbolische Schrittzahl aus einem Ausdruck der Art  $n_1 * S_1 + \dots + n_r * S_r$  gebildet ist, wobei  $n_1, \dots, n_r$  natürliche Zahlen  $\geq 0$  sind und  $S_1, \dots, S_r$  Kennungen von Systemkomponenten sind. Die Menge aller Schrittzahlen wird mit  $\Sigma$  bezeichnet. Die natürlichen Zahlen  $n_1, \dots, n_r$  sind letztendlich die Anzahl an realen Schritten die bei der Übertragung zwischen den Knoten erforderlich sind.

Dabei kann vereinbart sein, dass gleichnamige nebeneinander stehende Summanden zusammengefasst werden, beispielsweise:

$$2 * S_1 + 3 * S_2 + 7 * S_2 = 2 * S_1 + 9 * S_2.$$

Eine Vertauschung könnte nicht erlaubt sein, dann wäre also

$$2 * S_1 + 3 * S_2 \neq 3 * S_2 + 2 * S_1.$$

Beispiele zu den oben genannten Kennungen und Adressen werden anhand der Fig. 6 nebst zugehöriger Figurenbeschreibung erläutert.

Im Hinblick auf eine Auswahl verschiedener alternativer Übertragungswege könnte eine Bewertungsfunktion gewählt werden, die Auskunft über die Kosten und/oder den Aufwand und/oder die Übertragungsgüte für einen Übertragungsweg im Telekommunikationsnetz gibt.

Beispielsweise könnte für das Verfahren eine geeignete Kostenfunktion gewählt werden, d. h. eine Abbildung  $F : \Sigma \rightarrow N^\infty$ , wobei  $N^\infty$  die Menge der natürlichen Zahlen inklusive 0 und inklusive  $\infty$  („unendlich“) sei. Allgemeiner können auch mehrere Kostenfunktionen, d. h. Abbildungen  $F_1, \dots, F_m : \Sigma \rightarrow N^\infty$  gewählt werden.

Solch eine Kostenfunktion ergibt sich z. B. auf einfache Weise dadurch, dass in jeder Schrittzahl

$$n_1 * S_1 + \dots + n_r * S_r$$

jede Kennung  $S_i$  einer Systemkomponente durch eine natürliche Zahl oder  $\infty$  ersetzt wird und dann der Ausdruck ausgerechnet wird, wobei  $\infty + i = \infty$  für jedes  $i \in \mathbb{N}^\infty$ ,  $\infty * 0 = 0 * \infty = 0$  und  $\infty * i = i * \infty = \infty$  für jedes  $i \in \mathbb{N}^\infty$  mit  $i \neq 0$ .

Insbesondere könnte zu jeder Übertragungstechnik  $T_i$  eine Kostenfunktion so bestimmt werden: In jeder Schrittzahl

$$n_1 * S_1 + \dots + n_r * S_r$$

wird jede Kennung einer zu  $T_i$  gehörigen Systemkomponente durch 1 ersetzt. Alle übrigen Kennungen von Systemkomponenten werden durch  $\infty$  ersetzt. Bei einer Minimumbildung fallen dann die Ausdrücke mit dem Bestandteil  $\infty$  weg.

Die Bestimmung der  $M^*$ -Adresse könnte dadurch erfolgen, dass sich jeder Knoten sukzessive eine Adresse oder  $M^*$ -Adresse durch Austausch von Adressinformation mit Nachbarknoten bildet.

Dabei könnte ein symbolischer Modus aktiv sein oder ein natürlicher Modus aktiv sein oder ein natürlicher und symbolischer Modus aktiv sein. Ist nur ein natürlicher Modus aktiv, werden nur natürliche Koordinaten, d. h. Koordinaten mit natürlichen Schrittzahlen, gebildet. Ist nur ein symbolischer Modus aktiv, werden nur symbolische Koordinaten, d. h. Koordinaten mit symbolischen Schrittzahlen, gebildet. Ist sowohl ein natürlicher als auch ein symbolischer Modus aktiv, werden natürliche und symbolische Koordinaten gebildet.

Im Konkreten könnte die Bestimmung einer  $M^*$ -Adresse in einem Adressgeber dadurch erfolgen, dass für jede Kennung  $K$  eines Adressgebers in einer Transmissionstechnologie  $T_i$  im natürlichen Modus  $(K, 0)$  eine Koordinate des Adressgebers ist. Im symbolischen Modus wäre dann  $(K, 0^*S)$  eine Koordinate des



Adressgebers, wobei  $S$  die Kennung der zur Transmissionstechnologie  $T_i$  gehörigen Systemkomponente ist, deren Element der Adressgeber ist. Diese Koordinate behält der Adressgeber, so lange er als Adressgeber fungiert. Der Adressgeber sendet diese Koordinate oder Koordinaten periodisch an seine Nachbarknoten. Sind natürlicher und symbolischer Modus aktiv, kann die Signalisierung optimiert werden.

Die Bestimmung der Adresse in beliebigen Knoten könnte dadurch erfolgen, dass jeder Knoten zu jeder Kennung  $K$  eines Adressgebers zyklisch unter seinen Nachbarknoten etwaig bei den Nachbarknoten vorhandene Koordinaten ermittelt, die die Kennung  $K$  aufweisen, worauf der Knoten dann seine eigene Koordinate aktualisiert, falls erforderlich. Mit anderen Worten ermittelt jeder Knoten  $X$  zyklisch unter seinen Nachbarn zu jeder Kennung  $K$  eines Adressgebers etwaig bei den Nachbarn vorhandene gültige Koordinaten, deren Komponente die Kennung ist, und setzt die Koordinate gegebenenfalls auf einen neuen Stand.

Falls die Kennung  $K$  während einer Mittlungsdauer bei den Nachbarn nicht als Komponente einer Adresse vorkommt, so streicht der Knoten  $X$  die Koordinate. Ansonsten ermittelt der Knoten  $X$  während der Mittlungsdauer eine Schrittzahl  $s$  dergestalt, dass gilt:

Für symbolische Koordinaten:

- (\*) ein Nachbarknoten  $Y$  übermittelt zuverlässig die Koordinate  $(K, t)$ , und  $s = t + r$ , wobei  $r = 1 \cdot S$  und  $S$  ist die Kennung der zu einer TT  $T_i$  gehörigen Systemkomponente, wobei  $X$  und  $Y$  über  $T_i$  kommunizieren können und  $X$  und  $Y$  zu  $S$  gehören;
- (\*\*)  $F(s)$  ist minimal unter allen  $s'$ , die (\*) erfüllen. Dabei ist  $F$  die gewählte Kostenfunktion.

Für natürliche Koordinaten:

- (\*) ein Nachbarknoten  $Y$  hat die Koordinate  $(K, t)$ , und  $s = t + 1$ , wobei die Koordinate von  $Y$  über die gleiche Übertragungstechnik an  $X$  zuverlässig übermittelt wurde, die in  $K$  spezifiziert ist;
- (\*\*)  $s$  ist minimal unter allen  $s'$ , die (\*) erfüllen.

Dann wird  $(K, s)$  eine Koordinate des Knotens  $X$ . Sind mehrere Schrittzahlen mit der gleichen Eigenschaft vorhanden, können alle zugehörigen Koordinaten bis zu einer Höchstzahl akzeptiert werden.

Allgemeiner können auch für jede der Kostenfunktionen  $F_1, \dots, F_m : \Sigma \rightarrow N^\infty$  eine oder mehrere minimale Koordinaten gewählt werden. Wenn im Mittlungsprozess dann ein Nachbar mehrere Koordinaten  $(K, t)$ ,  $(K, t')$  usw. hat, werden für die Minimalbildung alle diese Koordinaten benutzt.

Bei der Bestimmung der Adressen könnten Verfahren zur Stabilisierung der Resultate, beispielsweise Mittlungsverfahren etc., benutzt werden. Dabei wird insbesondere bewertet, ob Adressinformation zuverlässig ist.

Anschaulich gesprochen wählt ein Knoten seine Adressen so, dass sie am „billigsten“ sind.

Beim Routing zu einem Knoten mit gegebener Adresse könnte für das Verfahren eine Bewertungsfunktion  $B$  geeignet gewählt werden, die jeweils einem Paar von Adressen eine Zahl zuordnet. Wenn ein Anfangsknoten  $a$  einen Pfad zu einem Zielknoten  $b$  aufbauen will, könnte  $a$  zunächst bei einem Adressauflösungsdienst die aktuelle  $M^*$ -Adresse von  $b$  erfragen.

Ein Pfad wird sukzessive vom Anfangsknoten  $a$  zum Zielknoten  $b$  wie folgt aufgebaut:

Sei der Pfad  $a = a_0, \dots, a_i$  schon bestimmt, dann wählt  $a_i$  unter seinen Nachbarn einen Knoten  $x$ , so dass  $B(A(x), A(b))$  minimal ist, wobei  $A(x)$  die Adresse von  $x$  und  $A(b)$  die Adresse von  $b$  ist. Dieses  $x$  wird der nächste Knoten  $a_{i+1}$  des Pfads.

Im Hinblick auf ein Telekommunikationsnetz wird die obige Aufgabe durch ein Telekommunikationsnetz, insbesondere Relaisnetz, mit den Merkmalen des Patentanspruchs 22 gelöst. Das Telekommunikationsnetz ist derart ausgestaltet und weitergebildet, dass die zugeordneten Adressen der Knoten eine Information über die Art der Transmissionstechnologie oder der Transmissionstechnologien aufweisen, die bei der Zuordnung der Adressen verwendbar ist oder sind.

Hinsichtlich der durch das erfindungsgemäße Telekommunikationsnetz bereitgestellten Vorteile wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf die Darstellung der Vorteile in Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren zum Routing in einem Telekommunikationsnetz verwiesen. Insbesondere könnte das Telekommunikationsnetz zur Realisierung des Verfahrens nach einem der Patentansprüche 1 bis 21 ausgestaltet sein. Insoweit wird eine entsprechende vorrichtungsmäßige Ausgestaltung der Merkmale des Verfahrens nach einem der Patentansprüche 1 bis 21 zum Gegenstand des beanspruchten Telekommunikationsnetzes.

Es gibt nun verschiedene Möglichkeiten, die Lehre der vorliegenden Erfindung in vorteilhafter Weise auszugestalten und weiterzubilden. Dazu ist einerseits auf die nachgeordneten Patentansprüche, andererseits auf die nachfolgende Erläuterung vorteilhafter Ausgestaltungen des erfindungsgemäßen Verfahrens anhand der Zeichnung zu verweisen. In der Zeichnung zeigen

Fig. 1 in einer schematischen Darstellung ein herkömmliches hybrides Telekommunikationsnetz,

Fig. 2 in einer schematischen Darstellung einen Teil des Verfahrens zur Bestimmung von M-Adressen,

- Fig. 3 in einer schematischen Darstellung ein herkömmliches hybrides Telekommunikationsnetz, wobei die einzelnen Knoten mit M-Adressen gekennzeichnet sind,
- Fig. 4 in einer schematischen Darstellung ein hybrides Telekommunikationsnetz, wobei das Adressierungsverfahren in erfindungsgemäßer Weise modifiziert ist,
- Fig. 5 in einer schematischen Darstellung ein weiteres hybrides Telekommunikationsnetz, wobei hier nicht alle Knoten beide Adressgeber A und B empfangen können, und
- Fig. 6 in einer schematischen Darstellung ein allgemeines hybrides Telekommunikationsnetz.

Fig. 4 zeigt in einer schematischen Darstellung ein hybrides Telekommunikationsnetz aus einem leitungsgebundenen Teilnetz und einem Funknetz. Die Knoten des leitungsgebundenen Teilnetzes sind durch Dreiecke gekennzeichnet und die Knoten des Funknetzes durch Kreise. Im leitungsgebundenen Teilnetz sind Adressgeber A und B vorgesehen, die als Gateway zum Funknetz dienen. Diese Adressgeber sind quasi gleichzeitig Bestandteil des leitungsgebundenen Teilnetzes und des Funknetzes.

Das in Fig. 4 dargestellte Telekommunikationsnetz entspricht dem Telekommunikationsnetz aus Fig. 3, wobei nun nach einem abgewandelten Adressierungs-Algorithmus adressiert worden ist. Dabei werden die M-Adressen der Knoten des Funknetzes nur auf dem Weg der Funkübertragung verteilt. Adressinformation wird nicht über das leitungsgebundene Teilnetz übertragen. Dabei treten die Probleme der Bildung von Inseln mit nahezu gleichen Adressinformationen nicht mehr auf.

Bei dem in Fig. 4 dargestellten Netz wird während des Zuordnens der Adressen signalisiert, welche Knoten Übergabepunkte sind, d. h. Adressgeber sind und über das leitungsgebundene Teilnetz übertragen können.

Wird nun ein Routing von einem Knoten X zu einem Knoten Y durchgeführt, so kann anhand der Adressinformation die Distanz vom Knoten X zum nächsten Übergabepunkt berechnet werden. Ebenso kann anhand der Adressinformation die Distanz vom Knoten Y zum nächsten Übergabepunkt berechnet werden. Außerdem kann anhand der Adressinformation die Länge der Übertragungskette vom Knoten X zum Knoten Y über Funk abgeschätzt werden. Dann entscheidet der Knoten X, welches Routing vorteilhaft ist. Das Routing über Funk oder das Routing vom Knoten X zu einem Übergabepunkt, dann durch das leitungsgebundene Teilnetz und schließlich von einem Übergabepunkt zum Knoten Y. Dementsprechend wählt der Knoten X den nächsten Knoten aus. Dabei können Gewichtungsfaktoren benutzt werden, die in die Ermittlung des Routing miteinfließen.

Auch jeder Zwischenknoten kann das Routing nach dieser Methode fortführen.

Sollte das Funkteilnetz aus Inseln bestehen, die nicht über eine reine Funkwegkette wohl aber über Funkweg und leitungsgebundenes Teilnetz kommunizieren können, so führt das oben beschriebene Verfahren ebenfalls zu Ziel. Ein derartiges Teilnetz ist in Fig. 5 gezeigt. Dabei muss ein Weg über das leitungsgebundene Teilnetz gewählt werden, wenn die Adressen vom Knoten X und vom Knoten Y nicht die gleichen Adressgeber beinhalten.

Im Beispiel von Fig. 4 könnte der Knoten X mit der Adresse 2; 9 folgende Berechnung durchführen, um zu dem Knoten Y mit der Adresse 10; 2 zu routen:

Adressen	Berechnung	Ergebnis
(10; 2), (2; 9)	$10 - 2 = 8; 9 - 2 = 7$	Schätzungsweise 7 bis 8 „Hops“ notwendig
(10; 2), (2; 9)	$2 + 2 = 4$	Minimal 4 „Hops“ plus leitungsgebundene Übertragung sind notwendig

Mit Hilfe dieser Information lässt sich nun der günstigste Weg ermitteln. So sind im Funkweg mindestens 7 Hops notwendig, um das Ziel zu erreichen. Wird hingegen

der Weg über das leitungsgebundene Teilnetz gewählt, so sind mindestens 4 Hops im Radioteilnetz notwendig.

Im Beispiel von Fig. 6 können die Knoten der linken Insel nicht über Funk mit denen der rechten Insel kommunizieren. Dementsprechend empfangen die Knoten der linken Insel nicht die Koordinate von dem Adressgeber B. Ebenso empfangen die Knoten der rechten Insel nicht die Koordinate des Adressgebers A. Das oben beschriebene Routingverfahren ergibt automatisch einen Weg über das leitungsgebundene Festnetz.

In Fig. 6 ist ein allgemeines hybrides Telekommunikationsnetz oder Relaissystem gezeigt. Dabei sind drei Übertragungstechniken oder Transmissionstechnologien vertreten. Zunächst sind zwei leitungsgebundene Teilnetze vorhanden, die über die in Fig. 6 dargestellten beiden geschlossenen Ellipsen kommunizieren können. Diese leitungsgebundene Übertragungstechnik wird mit  $T_1$  bezeichnet. Des Weiteren findet eine Übertragungstechnik  $T_2$  ihre Anwendung, wobei es sich hier um ein Wireless-LAN als Teilnetz handelt, wobei die Kommunikationsmöglichkeiten unter den betreffenden Knoten durch ununterbrochene Linien dargestellt sind. Schließlich findet noch eine Bluetooth-Übertragungstechnik  $T_3$  statt, wobei hier die Verbindung zwischen den entsprechenden Knoten durch gestrichelte Linien dargestellt sind. Die Teilnehmer oder Knoten sind durch Buchstaben gekennzeichnet.

Die Verbindungen zwischen den Knoten Y und Z und zwischen den Knoten U und Q werden hier als unzuverlässig betrachtet. Adressgeber A, B, C und D sind als Dreiecke gezeichnet. Dabei ist der Adressgeber A sowohl Adressgeber in  $T_1$  als auch in  $T_2$ . Der Adressgeber B wirkt als Adressgeber in  $T_2$  und der Adressgeber C wirkt als Adressgeber  $T_3$ . Der Adressgeber D wirkt schließlich sowohl als Adressgeber in  $T_1$  als auch in  $T_2$ .

Hieraus ergeben sich Äquivalenzklassen zu  $T_1$ : {A, P, Q}, {D, W}.

Äquivalenzklassen zu  $T_2$  sind, falls die Verbindung YZ unterbrochen ist: {A, R, Y, D}, {Q, V, B, W, X, M, Z}. Falls YZ nicht unterbrochen ist, ist eine Äquivalenzklasse zu  $T_2$ : {A, R, Y, D, Q, V, B, W, X, M, Z}.

Zu  $T_3$  existiert eine Äquivalenzklasse  $\{C, S, T, U, W\}$ , falls die Verbindung UQ unterbrochen ist. Falls die Verbindung UQ nicht unterbrochen ist, ist eine Äquivalenzklasse zu  $T_3$ :  $\{C, S, T, U, W, Q\}$ .

Falls YZ und UQ unzuverlässig sind, ist es besser, die Systemkomponenten zu  $T_2$  und  $T_3$  gemäß der ersten Alternative zu wählen, also gemäß der Annahme, dass YZ und UQ unterbrochen sind.

Die Kennungen der Adressgeber können etwa folgendermaßen gewählt sein:

- (A, T1) als Kennung für A als Adressgeber in  $T_1$ ;
- (A, T2) als Kennung für A als Adressgeber in  $T_2$ ;
- (B, T2) als Kennung für B als Adressgeber in  $T_2$ ;
- (C, T3) als Kennung für C als Adressgeber in  $T_3$ ;
- (D, T1) als Kennung für D als Adressgeber in  $T_1$ ;
- (D, T2) als Kennung für D als Adressgeber in  $T_2$ .

Als Systemkomponenten können angenommen werden:

Systemkomponenten zu  $T_1$ :

- $\{A, P, Q\}$ , Kennung T1S1
- $\{D, W\}$ , Kennung T1S2.

Systemkomponenten zu  $T_2$ :

- $\{A, R, Y, D\}$ , Kennung T2S1;
- $\{Q, V, B, W, X, M, Z\}$ , Kennung T2S2.

Systemkomponenten zu  $T_3$ :

- $\{C, S, T, U, W\}$ , Kennung T3S1.

Im Beispiel ist ein Element von  $\Sigma$  etwa:

- $s_1 = 1 * T1S1 + 3 * T2S2$ ; dieses Element beschreibt auf natürliche Weise z. B. den Pfad von P über Q (ein Schritt in T1S1) und V, W, X (3 Schritte in T2S2).

Im Hinblick auf eine Kostenfunktion könnte bei dem in Fig. 6 gezeigten Beispiel der Transport im leitungsgebundenen Netz als billig angesehen werden und der Transport im WLAN und in Bluetooth als teurer. Es könnte z. B. folgende Zuordnung aufgestellt werden:

- ersetze T1S1 durch 0
- ersetze T1S2 durch 0
- ersetze T2S1 durch 1
- ersetze T1S1 durch 1
- ersetze T3S1 durch 2.

Dann ergibt sich z. B.:  $F(1 * T1S1 + 3 * T2S2) = 1 * 0 + 3 = 3$ .

Hinsichtlich der Zuordnung von Koordinaten könnte gemäß dem Beispiel von Fig. 6 die folgende Zuordnung vorgenommen werden:

- A als Koordinate unter anderem  $((A, T1), 0 * T1S1))$
- P als Koordinaten unter anderem  $((A, T1), 1 * T1S1))$  und  $((B, T2), 2 * T2S2 + 1 * T1S1)$
- Q als Koordinate unter anderem  $((A, T1), 2 * T1S1))$
- R als Koordinate unter anderem  $((A, T1), 0 * T1S1 + 1 * T2S1))$ : (A, T1) kommt beim Nachbarn A als Komponente einer Adresse vor. A hat die Koordinate  $((A, T1), 0 * T1S1))$ . R kann mit A über  $T_1$  kommunizieren. R und A gehören zu T2S1.  $F(0 * T1S1 + 1 * T2S1) = 1$ .
- Y als Koordinate unter anderem  $((A, T1), 0 * T1S1 + 2 * T2S1)$ .
- M als Koordinate unter anderem  $((A, T1), 2 * T1S1 + 4 * T2S2)$  und  $((B, T2), 4 * T2S2)$ .



Bei den zuletzt dargestellten Koordinaten ist ersichtlich, dass die zugeordneten Adressen der Knoten eine Information über die Art der Transmissionstechnologien aufweisen, die bei der Zuordnung der Adressen verwendet werden.

Hinsichtlich weiterer vorteilhafter Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Lehre wird zur Vermeidung von Wiederholungen auf den allgemeinen Teil der Beschreibung sowie auf die beigefügten Patentansprüche verwiesen.

## **P a t e n t a n s p r ü c h e**

1. Verfahren zum Routing in einem Telekommunikationsnetz, insbesondere in einem Relaisnetz, wobei das Telekommunikationsnetz mehrere Knoten mit jeweils einer zugeordneten Adresse aufweist, aufgrund derer das Routing erfolgt, wobei eine Bildung der Adressen auf der Basis einer von mindestens einem Adressgeber zu dem jeweiligen Knoten übertragenen Adressinformation erfolgt und wobei in dem Telekommunikationsnetz mindestens zwei verschiedene Transmissionstechnologien zur Übertragung von Information zwischen den Knoten verwendet werden, **d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t**, dass die zugeordneten Adressen der Knoten eine Information über die Art der Transmissionstechnologie oder der Transmissionstechnologien aufweisen, die bei der Zuordnung der Adressen verwendet wird oder werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Zuordnung der Adresse zu den Knoten die Zuordnung betreffende Adressinformation nur mittels einer vorgebbaren und/oder durch ein vorgegbares Verfahren bestimmten Transmissionstechnologie übertragen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei der Zuordnung der Adresse zu den Knoten die Zuordnung betreffende Adressinformation nur mittels mehrerer vorgebbarer und/oder durch ein vorgegbares Verfahren bestimmter Transmissionstechnologien übertragen wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Transmissionstechnologie eine Funkübertragung ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein oder mehrere Knoten als Adressgeber wirken.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass alle oder nur vorgebbare und/oder durch ein vorgegbares Verfahren bestimmte

Knoten Adressinformation oder vorgebbare Teile der Adressinformation weitergeben oder übertragen.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass ein Knoten als Adressgeber für mehrere Transmissionstechnologien wirkt.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zugeordneten Adressen der Knoten eine Information darüber aufweisen, ob ein Adressgeber ein Gateway oder ein Übergabepunkt zu einem Netzbereich mit einer anderen Transmissionstechnologie ist.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass im Telekommunikationsnetz zu jeder Transmissionstechnologie mindestens eine Systemkomponente aus einer Menge von Knoten festgelegt wird, wobei alle Knoten einer Systemkomponente über die jeweilige Transmissionstechnologie kommunizieren können.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass jede Systemkomponente mindestens einen Adressgeber enthält.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe einer Systemkomponente derart gewählt wird, dass das Routing innerhalb der Systemkomponente eine vorgebbare Qualität aufweist.

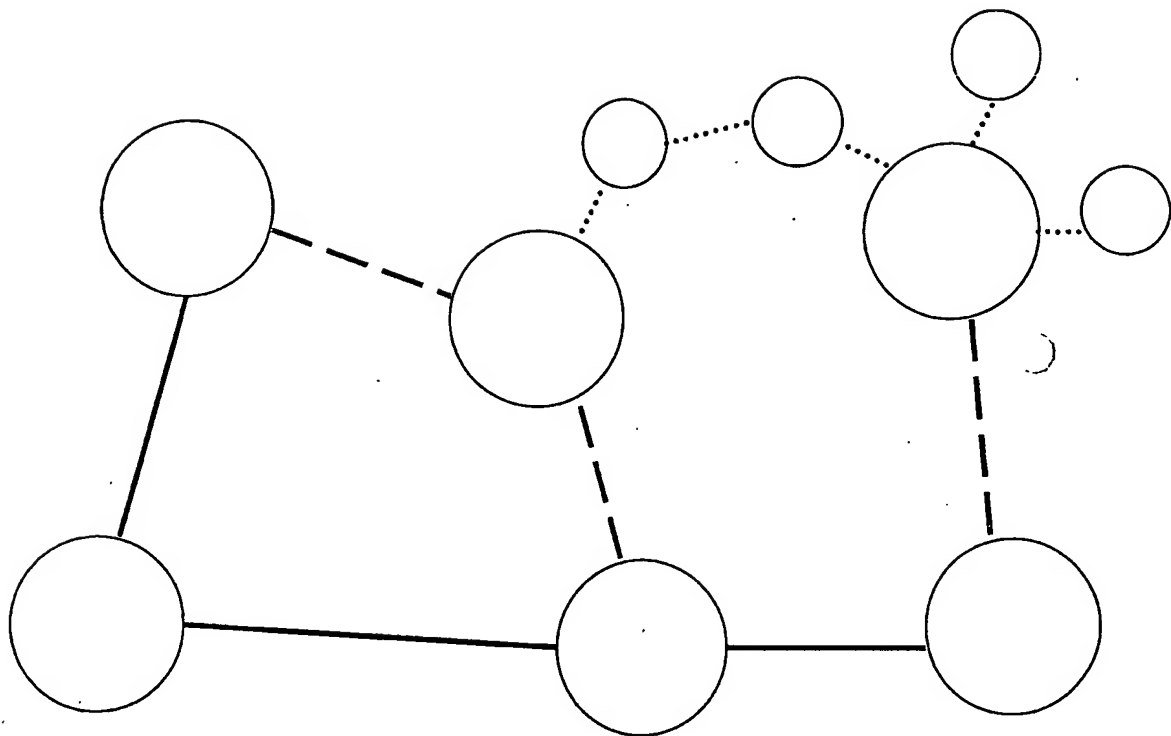
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Systemkomponente eine Kennung zugeordnet wird, aus der sich in eindeutiger Weise die Systemkomponente und die Transmissionstechnologie ableiten lassen.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine Domäne aus Knoten derart gebildet wird, dass mindestens ein Adressgeber von allen Knoten der Domäne empfangbar ist.

14. Verfahren nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei außerhalb einer Domäne angeordneten Knoten keine Koordinaten mehr bezüglich eines innerhalb der Domäne liegenden Adressgebers bestimmt werden.
15. Verfahren nach Anspruch 13 oder 14, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Domäne eine Koordinate zugeordnet wird, die die minimale Schrittzahl zu Knoten der Domäne beschreibt.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass zu jeder Domäne eine eindeutige Kennung gewählt wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass jedem Adressgeber eine Kennung zugeordnet wird, die die Identifikation des Adressgebers aufweist und die Transmissionstechnologie kennzeichnet, innerhalb welcher der Adressgeber als Adressgeber wirken kann.
18. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass die einem Knoten zugeordnete Adresse eine Menge von Koordinaten ist, die aus der Kennung des Adressgebers oder der Kennung einer Domäne und aus einer natürlichen oder symbolischen Schrittzahl bestehen, wobei eine symbolische Schrittzahl aus einem Ausdruck der Art  $n_1 \cdot S_1 + \dots + n_r \cdot S_r$  gebildet ist, wobei  $n_1, \dots, n_r$  natürliche Zahlen  $\geq 0$  sind und  $S_1, \dots, S_r$  Kennungen von Systemkomponenten sind.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass eine Bewertungsfunktion gewählt wird, die Auskunft über die Kosten und/oder den Aufwand und/oder die Übertragungsgüte für einen Übertragungsweg im Telekommunikationsnetz gibt.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass sich jeder Knoten sukzessive eine Adresse durch Austausch von Adressinformation mit Nachbarknoten bildet.

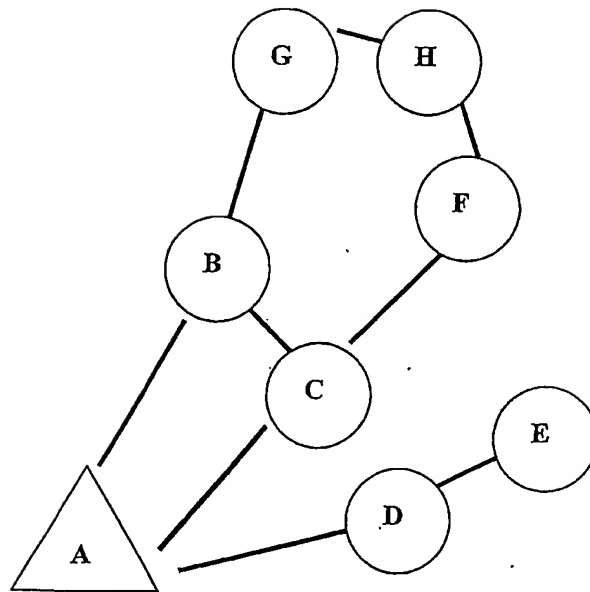
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Knoten zu jeder Kennung K eines Adressgebers zyklisch unter seinen Nachbarknoten etwaig bei den Nachbarknoten vorhandene Koordinaten ermittelt, die die Kennung K aufweisen, worauf der Knoten dann seine eigene Koordinate aktualisiert, falls erforderlich.

22. Telekommunikationsnetz, insbesondere Relaisnetz und insbesondere zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Patentansprüche 1 bis 21, wobei das Telekommunikationsnetz mehrere Knoten mit jeweils einer zugeordneten Adresse aufweist, aufgrund derer das Routing erfolgt, wobei eine Bildung der Adressen auf der Basis einer von mindestens einem Adressgeber zu dem jeweiligen Knoten übertragenen Adressinformation erfolgt und wobei in dem Telekommunikationsnetz mindestens zwei verschiedene Transmissionstechnologien zur Übertragung von Information zwischen den Knoten verwendet werden,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die zugeordneten Adressen der Knoten eine Information über die Art der Transmissionstechnologie oder der Transmissionstechnologien aufweisen, die bei der Zuordnung der Adressen verwendbar ist oder sind.



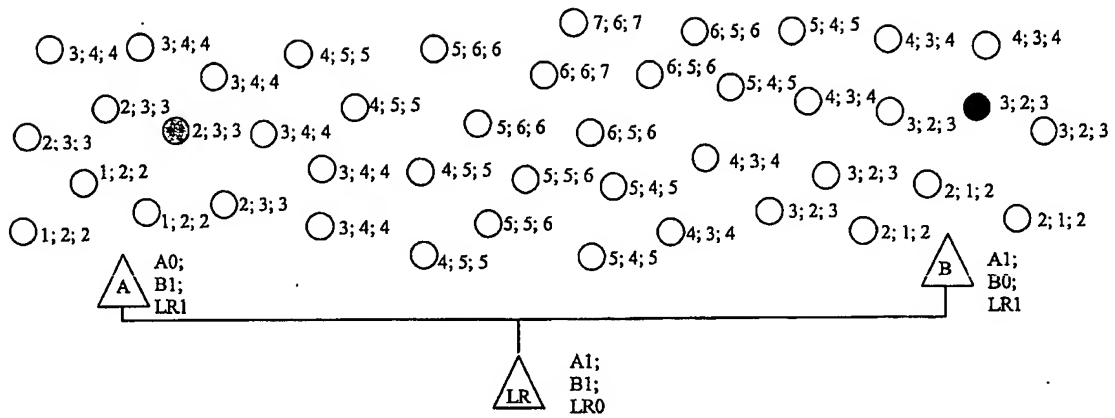
**Fig. 1**

2/6



**Fig. 2**

3/6



**Fig. 3**



4 / 6

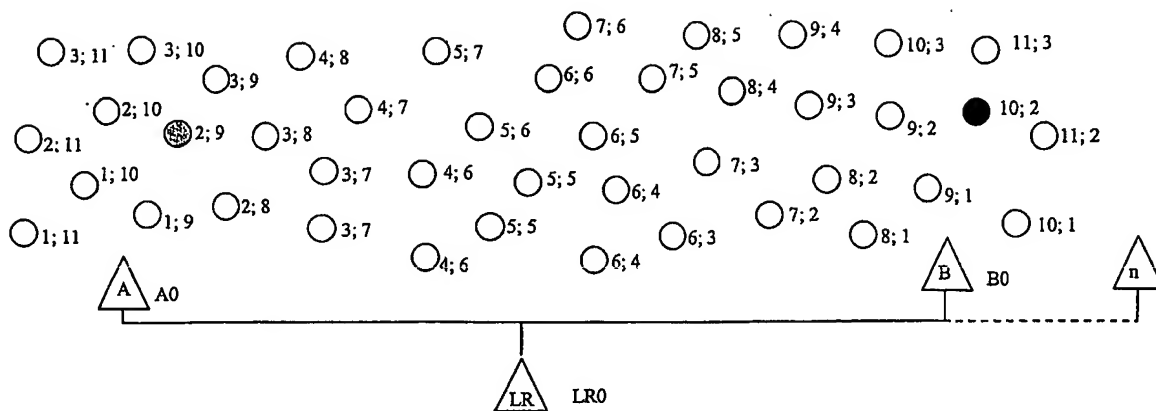
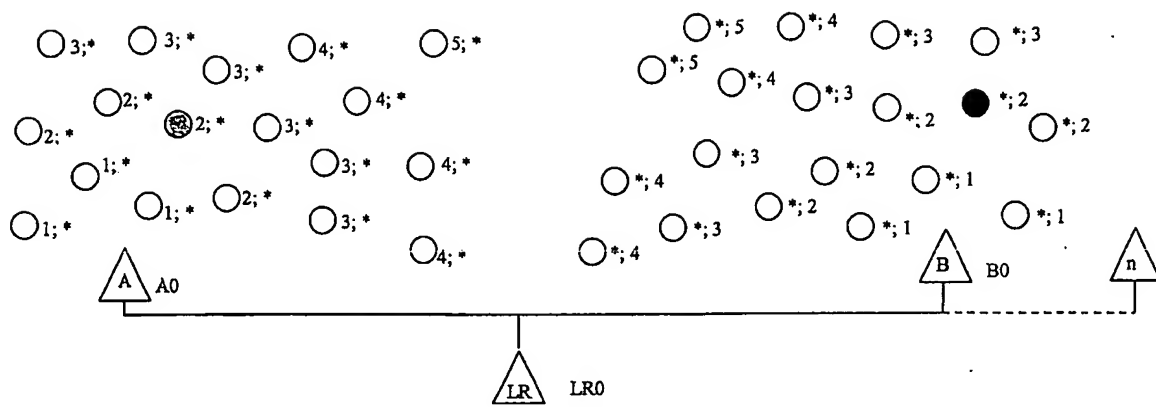
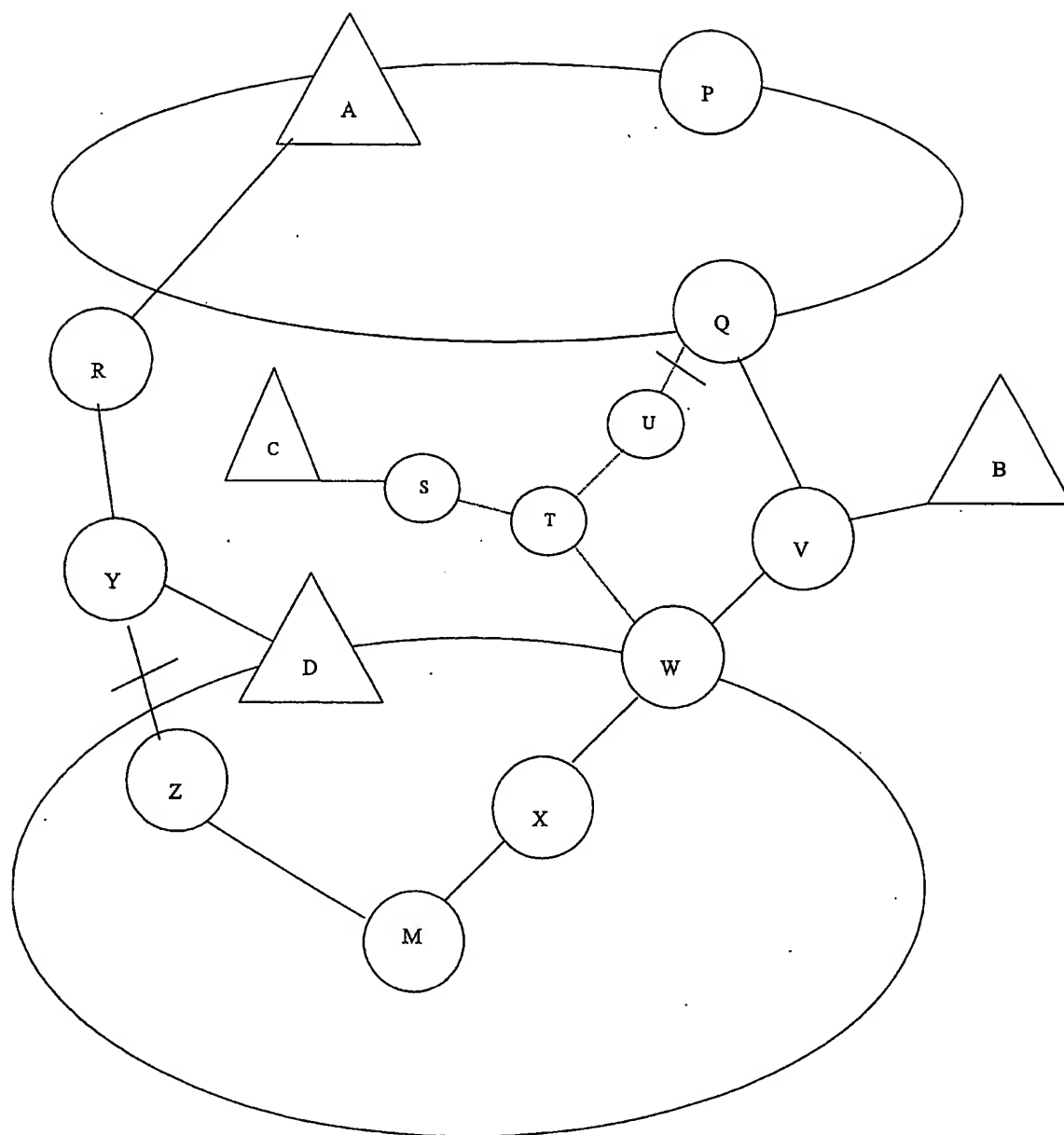


Fig. 4

5/6

**Fig. 5**

6/6

**Fig. 6**